RMS-D 盾构自动导向系统技术手册

1. 前言 2
2. 系统概述 2
3. 测量原理 3
3.1 RMS-D 系统测量测量原理 ---------- 3
3.2 人工测量原理 ---------- 3
4. RMS-D 自动导向系统与人工测量原理精度比较 4
5. 同其他测量系统的比较 5
6. RMS-D 导向系统的特点 5
7. 系统组成 6
8. RMS-D 软件 8
8.1 三个模块所实现的功能 ---------- 8
8.1.1 数据准备模块 ---------- 8
8.1.2 历史查询模块 ---------- 9
8.1.3 自动导向模块 ---------- 10
9. 重要测量步骤介绍 16
10. 应用简介 16

1. 前言

随着地下空间的开发，盾构技术已广泛地应用于地铁、隧道、市政管道等工程领域中。盾构施工方法与其它非开挖法相比有着无可比拟的优越性，主要体现在三个方面：一是安全，在施工过程中可以通过计算机控制机械施工，安全可靠，减少了在地下人工掘进隧道时的风险；二是速度快，比普通的矿山法施工快的多；三是质量好，盾构施工采用机械化施工，在质量上可以做到经久耐用。

然而，由于盾构法施工距离长、隧道前方设备较多，造成隧道内通视条件差，测量条件恶劣。同时必须在盾构机掘进过程中时刻控制盾构的姿态，使它精准的沿着设计轴线（DTA）前进，从而要求我们除了测量工作量要作到准确、科学、严密之外，还必须日夜不停的跟班测量，导致了测量工作量的繁重。

随着科学技术的发展，特别是计算机技术、软件工程、自动控制技术、激光技术等的日新月异，人们期望减轻繁重测量任务的愿望得到了一定程度的实现，出现了一系列用以提高精度、减少人工作业的自动导向测量系统，如上海力信 RMS-D，德国 VMT、英国 ZED、日本演算工房、德国 PPS 等。力信 RMS-D 系统就是其中一种使用方便、测量精度高、比较稳定的自动测量系统。下面我们来简单介绍一下力信 RMS-D 系统的基本特点及软件的操作方式。

2. 系统概述

系统功能完善，使用操作简单、方便且易于维护。现场值班人员经过专业培训后可轻松掌握系统的操作设置，因此在系统安装过程中对操作人员进行培训，能快速熟悉和掌握系统应用的操作技巧。友好的 Windows 操作界面，系统软件操作和使用办公软件一样简单。软件本土开发，操作习惯和专业术语本土化，使系统更容易理解和使用。全站仪和工业电脑之间无需电缆连接，真正的无线操作模式，系统安装及换站测量工作简单快速。系统自动进行测量数据备份，数据安全得到保证，同时可进行历史数据查询、分析及成果报表的打印输出。

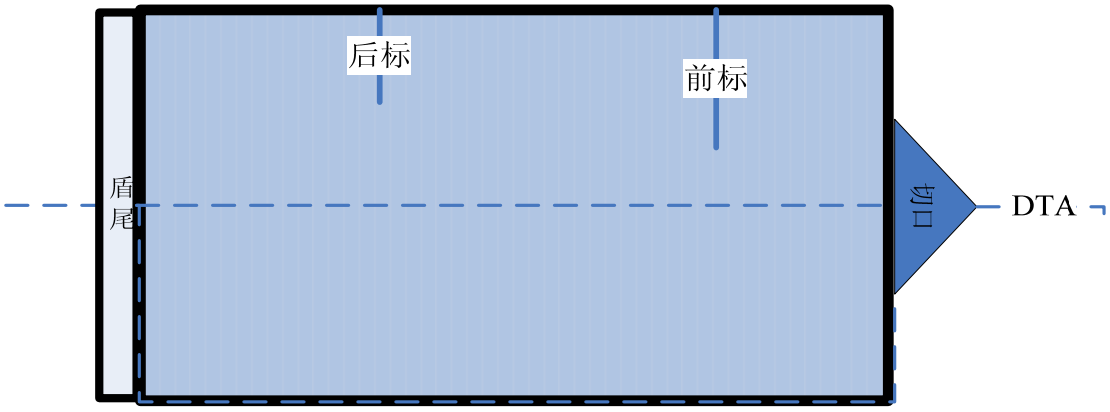
3. 测量原理

3.1 RMS-D系统测量测量原理

通过测量设置在盾构机中心轴线上方固定位置上的三个棱镜的绝对坐标(一般设置在人工测量前后标的附近，前标位置两个，后标位置一个)，根据这三个棱镜与盾构机切口和盾尾的相对位置关系，推算出切口和盾尾的绝对坐标。然后将切口和盾尾的绝对坐标与设计轴线相比较得出盾构机的偏离情况，既平面偏差和高程偏差。从而达到通过控制盾构姿态来指导隧道掘进的目的。下图为 RMS-D 导向系统的立体示意图。

3.2 人工测量原理

通过测量设置在盾构机中心轴线上方固定位置上的两个测量标志的绝对坐标，根据这两个标志与盾构机切口和盾尾的相对位置关系，推算出切口和盾尾的绝对坐标。然后将切口和盾尾的绝对坐标与设计轴线相比较得出盾构机的偏离情况，即平面偏差和高程偏差。从而达到通过控制盾构姿态来指导隧道掘进的目的。下图为人工测量的示意图。



4. RMS-D自动导向系统与人工测量原理精度比较

盾构姿态测量是盾构推进测量的主要内容，是工程质量达到要求及隧道贯通的根本保证，控制盾构姿态必需的关键数据有：纵向坡度、横向转角、水平偏差值、高程偏差值、切口里程。其中后三项数据获得的关键是前后标距离和角度的测量。所以决定精度的关键是以下四个方面：

（1）坡度与转角

人工测量时，通过读取设置在盾构机内固定位置的坡度板上的刻度得出；自动测量，通过设置在盾构上的倾斜仪自动获取。比较：人工在读数时由于垂球晃动，只能凭经验估读。而自动导向系统是通过高精度双轴倾斜仪读取的，精度优于0.01度，如果采用三棱镜法，角度精度更高，优于0.005度。

（2）距离

人工测量时，在新观测台搭建后用全站仪测量当时的前后标距离，其后的距离则通过每推进一环后加上管片的宽度来累积计算。由于管片拼装完以后，管片与管片之间是有间隙的，按照上述方法来计算距离到最后的累计误差会很大；自动测量时，每时每刻通过全站仪测量，得到精确的距离 。

（3）角度

人工测量时，使用经纬仪，通过人眼观测并人工读取刻度盘上的角度值；自动测量时，RMS-D导向系统的全站仪自测精度2秒级，通过内置CCD相机自动对中瞄准，自动读数，消除了人眼观测时的对中误差和观测误差。

（4）测量次数比较

人工测量时，每完成掘进一环后进行观测，时间大概在15分钟左右。其中大多数是在拼装管片的时候测量，此时由于千斤顶的收缩，盾构机姿态其实是有变化的，故测量值有时是不准确的。自动测量时，在掘进中连续测量（每测一回约耗时40秒），同时保存盾构在每环推完之后的瞬时测量姿态，比人工测量能够更好的指导掘进。

5．同其他测量系统的比较

相对于德国 VMT 系统，英国 ZED 系统、日本演算工房、德国 PPS 等测量系统而言，虽然在工作原理上有一定的类似，但是 RMS-D 导向系统还是有其突出的优越性。

（1）不用激光接收靶，直接使用棱镜，减少了一层换算关系，从而提高了精度；

（2）棱镜的选择灵活，针对不同类型的盾构机可以选配适合的棱镜，且在盾构机中安装起来灵活方便；

（3）更换测量台速度快且方便；

（4）无线缆操作，数据通过无线电台传输，传输距离可达 150 左右，电池供电可达 8 天，真正提高了现场适用性；

（5）软件界面友好，简单易学，方便施工人员掌握、使用。

6. RMS-D导向系统的特点

（1）测量和计算盾构机的位置,图形和数字的方式直观显示。

（2）计算、显示盾构机的掘进趋势。

（3）备份所有已拼管环（这个单词的翻译需再考虑）的数据信息（掘进报告，日志文件等）。

（4）通过 PC 对所有的组件进行控制，系统运行完全自动化，也可人工干预。

（5）自动检查全站仪定向偏差，棱镜偏差，确保测量值的准确性。

（6）换站后自动进行下一步工作，不用进行学习测量。

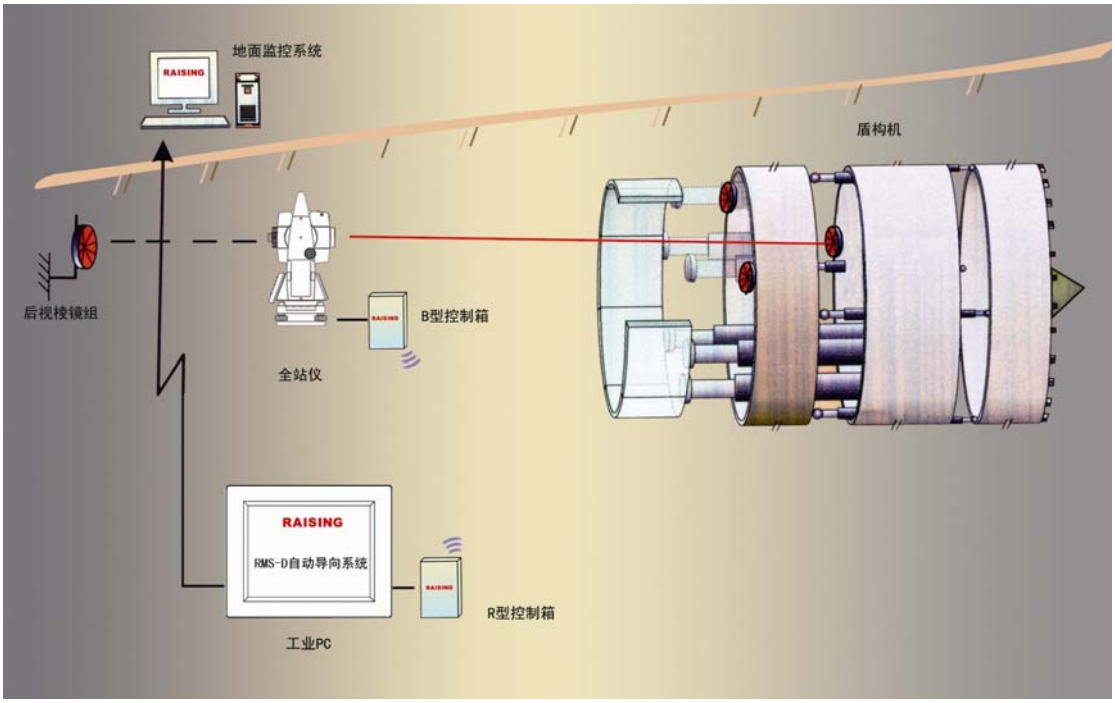
（7）通过电话线实现远程控制，在地面办公室就可以实时了解地下盾构机的掘进状态。

（8）通过标准的线形设计要素计算隧道设计轴线，隧道中线主桩坐标计算更简单易行。

（9）界面友好,操作方便(采用 Windows 操作系统)。

7. 系统组成

RMS-D 自动导向系统主要用于操作平台比较开阔的盾构机，如国产 863 盾构机、FCB 盾构机、小松盾构机等。该系统除了使用全站仪以外，不使用其他任何传感器，即提高了精度，又保证了系统稳定性。测量时通过全站仪测量三个棱镜的坐标来反算出盾首和盾尾的三维坐标，进而得出盾构机的位置姿态，系统主要包括：徕卡 TCA1202 自动全站仪， 三个 GPR1 高精度圆棱镜，工业电脑，地面监控系统，R 型控制箱，B 型控制箱。系统构成图如下：



（1）RMS-D 自动导向系统所使用的全站仪

RMS-D 自动导向系统所使用的全站仪是由瑞士徕卡公司提供的，型号是 TCA1202+，它是全站仪中的骄傲，又称测量机器人，目前广泛应用在大型控制测量、工业测量、自动引导测量、变形监测等工作中。例如，对大坝、边坡、地铁、隧道、桥梁、超高层建筑进行大范围无人值守全天候、全方位自动监测；地籍测量、数字化成图、GIS 数据字库；在地下开挖隧道、路桥铺设；汽轮机叶片形变测量，以及风洞实验测试等。

TCA1202 自动型全站仪具有自动照准、锁定跟踪、联机控制等功能。TCA1202 应用 ATR 模式自动目标识别，当全站仪发送的红外光被反射棱镜返回并经全站仪

内置的CCD相机判别接受后，马达就驱动全站仪自动转向棱镜，并自动精确测定；由于全站仪自动精确照准，减少了人员照准误差，提高了观测精度。在LOCK模式下，能自动锁定反射棱镜，即使棱镜的移动速度达到5m/s时（100m处），信号也不会中断。利用跟踪测量模式能实时测得动态数据。同时通过通讯电缆，利用Geocom控制指令在线控制仪器运转，实现测量过程的无人值守，并且该全站仪具有IP65的防水防尘指标，工作温度在-20度—+50度，使用嵌入式VX_works系统，技术指标在同行业内也是遥遥领先的。

由瑞士徕卡公司的TCA1202系列全站仪+上海力信公司的RMS-D自动导向软件构成的自动测量系统，在盾构推进中可以实现无人值守及自动测量的功能。采用该系统进行自动导向测量具有以下特点和优点：可以自动进行气象改正；实现连续24小时自动测量导向，实时数据处理，并提供图形；内有线形数据输入，实时消除各种误差；系统故障自检核及自动处理功能等。

总之，基于徕卡TCA1202全站仪的力信RMS-D自动导向系统，从测量的源头保证了系统的稳定性和测量数据的准确性，从而提高了系统在工程现场的适用性。

（2）高精度圆棱镜

Leica GPR1 圆棱镜。棱镜直径为 66mm，棱镜常数为 0.0mm。棱镜的精确度只决定于生产棱镜的误差。

（3）R型控制箱和B型控制箱

R型控制箱和B型控制箱主要集成了RMS-D导向系统的无线通讯模块，该模块除了具有很高的三防功能以外，还采用收发独立+滤波改正的专利技术解决了隧道内数据通讯的多路径效应，稳定的通讯距离达到 350 米，该电台频率为802.4HZ，并且功率只有0.1W，对人体完全没有辐射影响，为系统的无线缆作业奠定了坚实的基础。

（4）工业电脑

工业电脑主要用于对来自全站仪和各种传感器数据的处理和存储，电脑安装在环境较差的隧道内，所以对工业电脑的防尘防水等级要求很高。RMS-D自动导向系统采用IP等级为IP65，工作温度为0℃～+45℃的触摸屏工业一体机，能够在恶劣的环境中稳定运行。

（5）地面监控系统

力信测量公司提供一整套通过地面监控室控制盾构操作室 RMS-D 导向系统的解决方案及配套设备。测量人员可以在地面控制室对 RMS-D 导向系统进行操作，减少了测量人员的劳动强度。

8. RMS-D软件

RMS-D 自动导向系统软件是基于世界上最先进的自动化测量技术的基础上开发而成，软件设计过程综合了全站仪自动测量技术、空间数据建模技术、通讯技术、现代软件工程、数据库技术、远程监控技术等先进手段，采用 C++.NET 语言。系统主要由数据准备模块、自动导向模块和历史数据查询模块三个模块组成。

8.1 三个模块所实现的功能

8.1.1 数据准备模块

数据准备模块包含工程信息、平曲线管理、竖曲线管理、零位数据、管理权限、零位计算等功能。

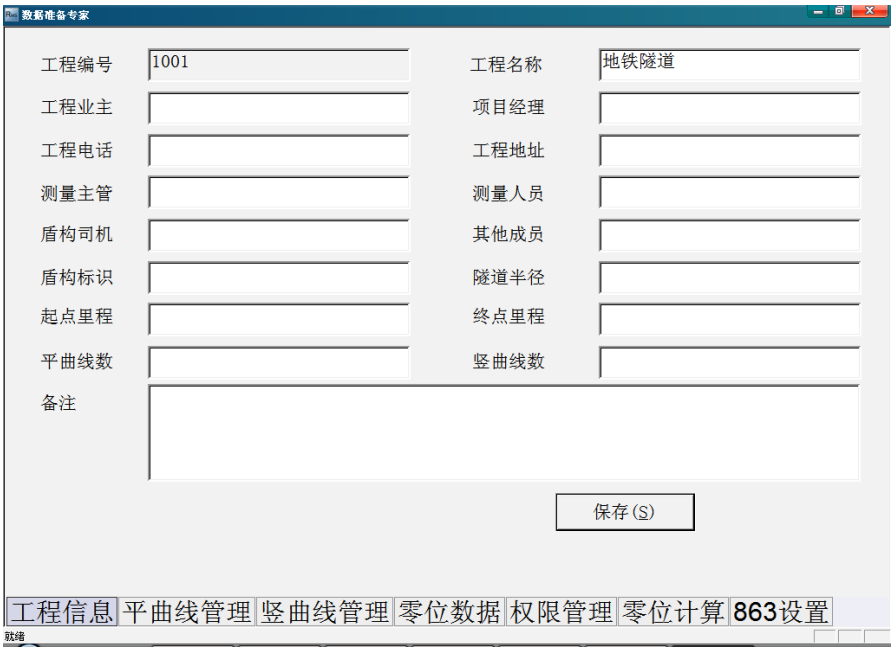
（1）工程信息一栏可以输入该项目工程的信息，如工程名、业主、项目经理、测量主管、线路里程、隧道半径等内容，使得测量人员和盾构驾驶员对整个工程的基本信息一目了然。

（2）平曲线和竖曲线管理主要实现对平面线形和竖曲线线形的输入和计算功能，计算结果可以表格和图形方式显示。

（3）零位数据一栏需输入盾构机上三个棱镜和盾首、盾尾三维坐标。

（4）权限管理主要是为了防止其他人员误操作导致系统运行错误而为测量主管设置了密码保护。

（5）零位计算是 RMS-D 导向系统特有的功能，测量人员使用该功能能够快速准确的完成零位测量。



数据准备模块

8.1.2 历史查询模块

历史查询模块包括历史曲线、历史数据和历史信息三个功能。

（1）历史曲线

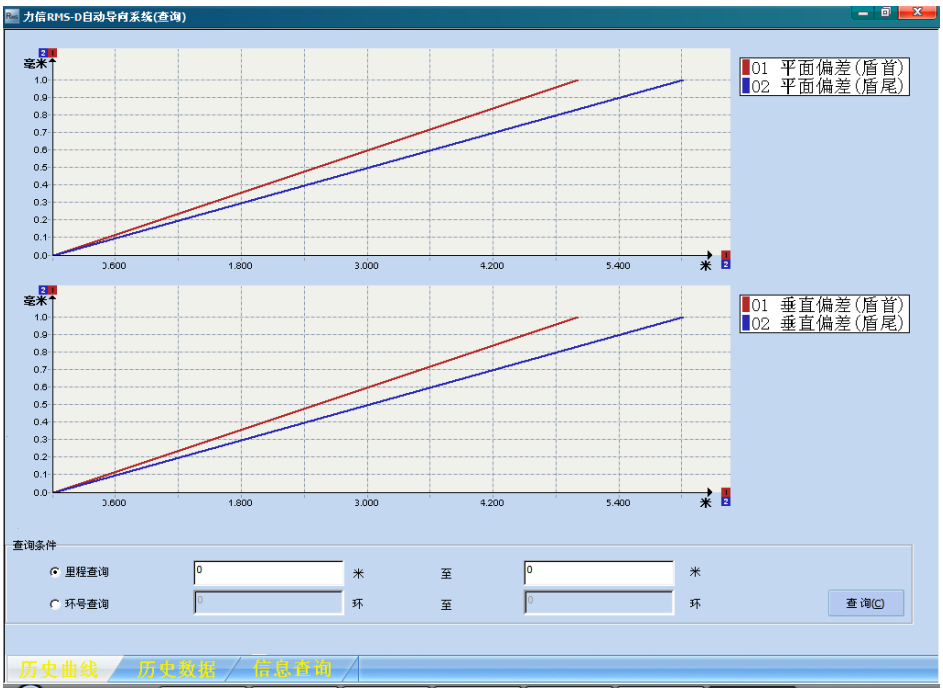
输入要查询的里程范围，可以查询该段里程范围内掘进偏差曲线，了解和掌握隧道掘进的整体情况。

（2）历史数据

输入查询的时间段，点击查询便可查阅该段时间内的掘进偏差数据。

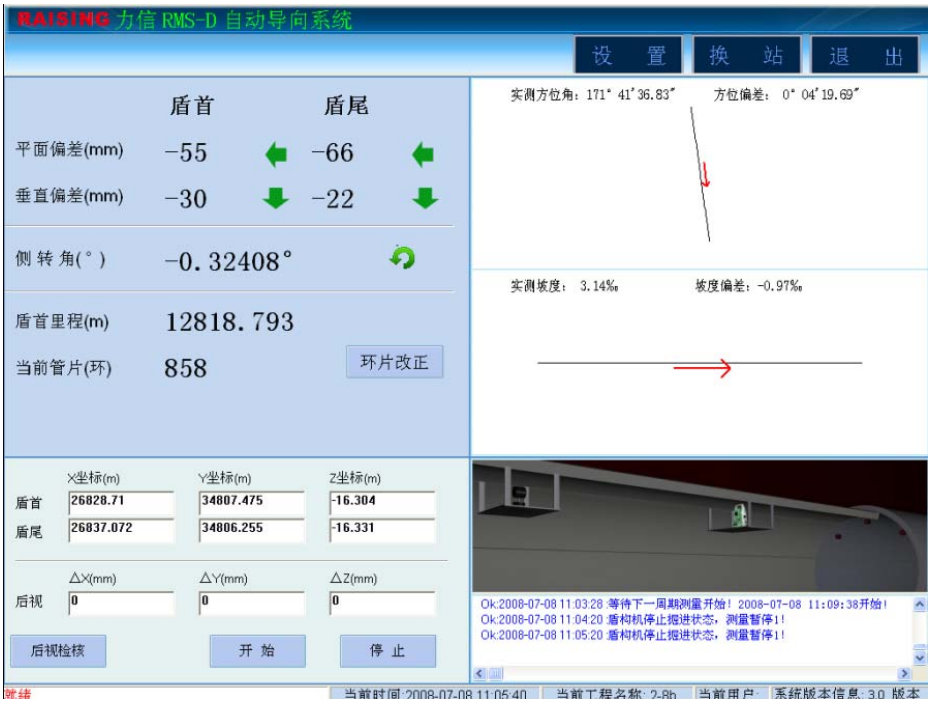
（3）历史信息

输入查询时间段及要查询的内容，点击查询即可查询系统运过程中的系统信息，有助于对系统的维护。



历史查询模块

8.1.3 自动导向模块



这是 RMS-D 导向系统测量的基本画面，由此画面进行测量指令的发送及操作等。整个界面分为三大部分，一是盾构姿态数字显示部分，二是盾构姿态图形显示部分，三是软件控制按钮部分。

（1）数字显示部分如下图：

这部分主要显示盾构机当前的盾首、盾尾的三维坐标、盾构机的侧转角，盾首里程，管片号以及经过计算得来的盾构平面偏差和垂直偏差。

后视检核按钮主要是为了对后视进行检核，当检核超限时系统自动停止运行，以免出现重大测量事故。

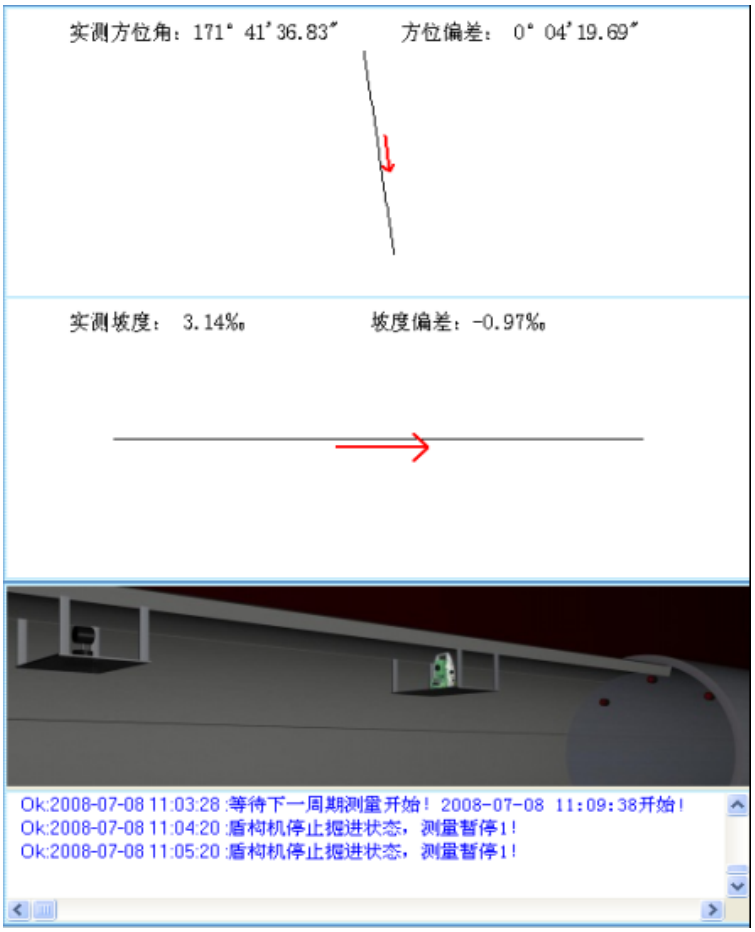
当前管片号与现实不符时点击环片改正按钮会弹出如下对话框：

点击修正即完成了管片号的强制改正。

开始按钮为启动自动测量系统

停止按钮为停止自动导向系统

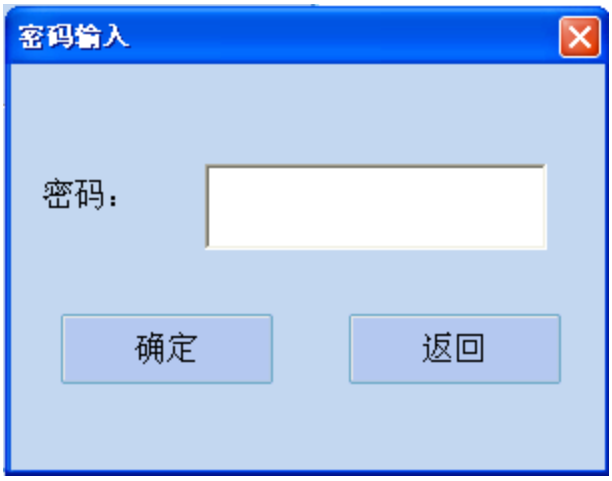
（2）盾构姿态图像显示部分如下图：



该界面主要以图形的方式来显示盾构的姿态，并在下边信息框给出实时测量的信息提示。

（3）最上边一行显示了本软件的一些重要操作：**设置**，**换站**，**退出**等。

设置 按钮是对软件的一些基本操作进行设置，需要操作熟练的测量人员进行设置。单击设置按钮弹出如下对话框：



输入操作权限密码，点击 **确定** 按钮，进入设置界面。

以下是对本界面的一些元素介绍：

测量结束后，转向原始位置：全站仪测量完成后自动将物镜转向垂直向下的位置，以保护物镜。

测量后视，作为检核：每个周期开始测量前先进行方向检核。

测量周期：设置测量的周期。

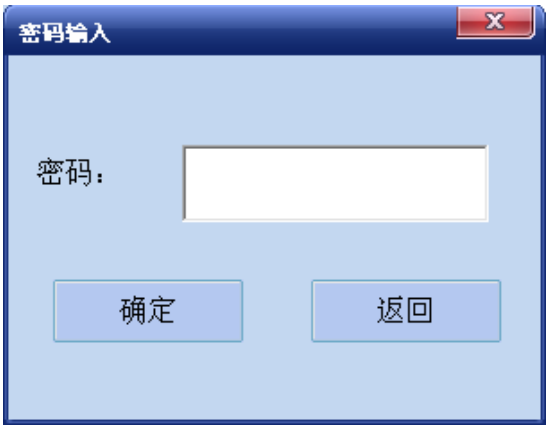
目标遮挡：设置目标遮挡时的处理行为。

限差：设置各种限差，包括后视点水平限差、高程限差，测点间检核限差，测点间计算限差。

串口：设置串口号及波特率。

换站 按钮是系统初始运行或全站仪要进行换站时要进行的操作，需要操作熟练的测量人员进行，按照以下提示即可完成操作。

第一步：单击 **换站** 弹出如下窗口：



输入操作权限密码，点击 **确定** 按钮，进入测站设置界面。

第二步：点击 **吊篮坐标**按钮，进入吊篮坐标输入界面。

输入后视点吊篮的点号及三维坐标，输入完成后点击 **添加** 按钮，同样的方式输入测站吊篮的点号及三维坐标，点击 **保存** 按钮，再点击 **返回** 按钮，完成测站和后视点坐标的输入，返回至测站设置界面。

第三步：输入仪器高和棱镜高，把仪器大致瞄准后视棱镜，点击 **测量** 按钮，实测的平距和高差将显示在界面上。与理论比较，差值结果在允许范围内则点击 **设站定向** 按钮，理论与实测结果相差较大时应检查测站与后视坐标及输入。

完成设站后，如果是第一次安装系统则需要学习测量，点击“测站设置”界面的 **目标定位** 按钮，进入学习测量界面。

利用全站仪照准对应的目标，点击 **测量** 按钮，依次完成目标一、目标二、

目标三的学习测量，然后点击 **开始检核** 按钮，对目标点进行检核。检核完成后显示目标 1-2 点差、目标 1-3 点差、目标 2-3 点差，差值在允许的范围内则点击 **应用** 按钮，再点击 **返回** 按钮，完成学习测量。差值超限时应检查目标点和零位数据的输入。

9. 重要测量步骤介绍

换站在 RMS-D 自动导向系统中是一个重要的操作，需要操作熟练的测量人员进行，按照如下操作步骤即可轻松完成换站工作。

（1）设置新的测量台，制作强制对中的新设点。在该点上放置全站仪，整平。

（2）在原来全站仪的位置上放置精密棱镜，整平。

（3）将全站仪的目镜大致对准棱镜。

（4）在系统主界面的换站菜单下的吊篮坐标里输入测站坐标和后视棱镜坐标。

（5）将系统切换回换站状态，在界面上选择测站点号和后视点号，并输入棱镜高和仪器高，点击测量按钮。

（6）开始测量，如结果与换台前的误差在允许的范围内则换台成功。

10. 应用简介

力信 RMS-D 自动导向系统作为中国第一套自主知识产权的商业化自动导向产品，从 2007 年推向市场，已经先后成功贯通了近十条隧道，累计销售十几套，系统应用现场分布在上海、杭州、苏州、天津等地铁施工现场和引水工程，经过不断的优化设计，系统现在已经推出了第三代导向系统产品。

力信 RMS-D 自动导向系统已经通过上海市国家级计算机实验室测试，并已获的上海市高新技术成果转化认定。